

Comportamento Produtivo de Sorgo Sacarino em Função do Arranjo de Plantas



ISSN 1679-0154

Julho, 2015

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Milho e Sorgo

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 116

Comportamento Produtivo de Sorgo Sacarino em Função do Arranjo de Plantas

André May

Vander Fillipe de Souza

Alexandre Ferreira da Silva

Matheus Ferreira França Teixeira

Embrapa Milho e Sorgo

Sete Lagoas, MG

2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges

Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Monica Matoso

Campanha, Roberto dos Santos Trindade, Rosângela Lacerda de

Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: André May

1ª edição

Versão Eletrônica (2015)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Comportamento produtivo de sorgo sacarino em função do arranjo de plantas / André May ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2015.

27 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 116).

1. *Sorghum bicolor*. 2. Densidade de plantio. 3. Espaçamento. 4. Produtividade. I. May, André. II. Série.

CDD 633.174 (21. ed.)

© Embrapa 2015

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	14
Conclusões	26
Referências	26

Comportamento Produtivo de Sorgo Sacarino em Função do Arranjo de Plantas

André May¹

Vander Fillipe de Souza²

Alexandre Ferreira da Silva¹

Matheus Ferreira França Teixeira³

Resumo

O sorgo sacarino surgiu como importante alternativa para a geração de biomassa na produção de etanol. Este trabalho objetivou avaliar o efeito do espaçamento entrelinhas e da população de plantas sobre a produção de sorgo sacarino na região central de Minas Gerais, durante duas safras consecutivas. Foram instalados experimentos em Sete Lagoas, MG, utilizando a cultivar da Embrapa BRS 506. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 4, sendo 5 espaçamentos entrelinhas (4 espaçamentos simples: 0,5; 0,6; 0,7 e 0,8 m entrelinhas e um espaçamento duplo: 1 x 0,5 m) e 4 populações de plantas (80.000; 100.000; 120.000 e 140.000 plantas ha⁻¹), com 3 repetições, durante duas safras consecutivas (safras 2011-12 e

¹Embrapa Milho e Sorgo, MG 424, km 45, Caixa Postal: 285, CEP: 35701 970, Sete Lagoas, MG, Brasil. Email: andre.may@embrapa.br, alexandre.ferreira@embrapa.br

²Doutorando em Bioengenharia, UFSJ, São João del-Rei, MG, Brasil, E-mail: vander_agro@hotmail.com

³Mestrando em Produção Vegetal, UNIMONTES, Janaúba, MG, Brasil, Email: teixeiramff@gmail.com

2012-13). As características avaliadas foram: altura de planta; diâmetro do colmo; número de folhas; massas frescas de folhas e colmos por área cultivada; massas frescas de colmos e folhas por planta; massas secas de colmos, folhas e panículas por planta; massa de caldo e sólidos solúveis totais. Observou-se que a produtividade de colmos e a qualidade do caldo do sorgo sacarino BRS 506 são influenciados pelo ano de cultivo, por causa das condições climáticas predominantes em cada safra, sendo maximizada quando a cultura é conduzida sob espaçamentos reduzidos, 0,5 m entrelinhas (81,90 t ha⁻¹), sem interferência importante da população de plantas escolhida a partir de 100.000 plantas ha⁻¹.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*; densidade de plantas; bioenergia; sistemas de produção.

Productive Behavior of Sweet Sorghum According to Plants Arrangement

André May¹

Vander Fillipe de Souza²

Alexandre Ferreira da Silva¹

Matheus Ferreira França Teixeira³

Abstract

The sweet sorghum has emerged as an important alternative for the production of biomass for ethanol. This study aimed to evaluate the effect of row spacing and plant population on the production of sorghum in the central region of the State of Minas Gerais (MG), Brazil, during two consecutive years. Experiments were conducted in Sete Lagoas, MG, using the Embrapa cultivar BRS 506. The experimental design was a randomized block in factorial 5 x 4, and 5 row spacings (4 simple spacings: 0.5, 0.6, 0.7 and 0.8 m between lines and 1 double spacing: 1x 0.5 m) and 4 plant populations (80,000, 100,000, 120,000 and 140,000 plants ha⁻¹), with three replications during two consecutive years. The evaluated traits at harvest were: plant height; stem diameter; number of leaves; fresh mass of leaves and stems by acreage; fresh mass of leaves and stems per plant; dry stems mass; fresh leaf and panicle mass of per plant; juice mass and total soluble solids. It was observed that stem yield and quality of the juice of sweet sorghum BRS 506 are influenced by crop year, due to climatic conditions

prevailing in each year, and they are maximized when the crop is grown under reduced spacing, 0.5 m between rows (81.90 t ha⁻¹), without interference of the population of plants chosen from 100,000 plants ha⁻¹.

Key words: *Sorghum bicolor*; plant populations; bioenergy; production systems.

Introdução

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) destaca-se no cenário nacional como a principal espécie bioenergética, atingindo uma área plantada de aproximadamente 8,5 milhões de hectares, com produção estimada em 23,6 bilhões de litros de etanol (CONAB, 2013).

O sorgo sacarino possui características que o tornam uma promissora matéria-prima para a produção de biocombustíveis, principalmente por causa da possibilidade de utilização da mesma infraestrutura agroindustrial do setor sucroalcooleiro. Do ponto de vista agrônômico, o sorgo apresenta a vantagem do estabelecimento da cultura por sementes, mecanismo relativamente simples, ciclo rápido e com baixo custo, o que pode contribuir para a viabilidade da adoção desta cultura na entressafra da cana-de-açúcar ou na renovação de canaviais.

Entretanto, a densidade e o espaçamento ideais de semeadura são questões que precisam ser definidas, por dependerem das condições ambientais e climáticas específicas das regiões de cultivo, o que proporciona inconsistência nas recomendações de plantio. Alguns estudos apontam que maiores densidades de plantio associadas com menores espaçamentos entrelinhas

resultam em maiores produtividades e melhor controle de plantas daninhas (LUESCHEN et al., 1991).

Albuquerque et al. (2012), estudando as cultivares BRS 506 e BRS 507 em localidades na região Norte de Minas Gerais, verificaram que a redução no espaçamento entrelinhas provocou maior produtividade de massa fresca e de caldo em função do local de cultivo, e reduziu os teores de Brix independentemente da localidade. O aumento da população provocou maior produtividade de massa fresca e de caldo de ambas as cultivares estudadas.

Snider et al. (2012) avaliaram espaçamento e densidade de semeadura sobre o rendimento de uma cultivar sensível ao fotoperíodo de sorgo biomassa e concluíram que o menor espaçamento entrelinhas (0,19 m) ofereceu o maior rendimento. Os autores também concluíram que baixas densidades de semeadura (116 mil sementes ha^{-1}) são preferíveis, porque as taxas de semeadura mais elevadas não afetaram positivamente o rendimento, porém, podem resultar em maior altura de plantas com colmos mais finos, o que propicia o tombamento ou acamamento.

Godsey et al. (2012) destacaram a capacidade compensatória promovida pelo perfilhamento em baixos estandes e justificaram a ampla gama de densidades de plantio aceitável, por causa das diferentes condições edafoclimáticas das regiões de cultivo. Assim, o espaçamento e a densidade de plantio não estão somente relacionadas a ganhos de produtividade, mas também à sustentabilidade agrícola, por promover eficiência na utilização de recursos naturais e insumos, como água e fertilizantes, e ao balanço energético positivo da produção.

May et al. (2012), estudando o arranjo de plantas de sorgo sacarino em Minas Gerais, verificaram uma diferença comportamental das variedades da espécie, BRS 505 e CMSXS 647, em função do espaçamento entrelinhas e população de plantas, mas, de forma geral, os autores observaram uma elevação significativa da produtividade com o uso de espaçamentos reduzidos (0,5 m entrelinhas). Contudo, os autores salientam a nítida diferença da capacidade competitiva de cada cultivar de sorgo sacarino estudada, com a elevação da população de plantas, sendo maior para a cultivar CMSXS 647, que manteve incrementos lineares na produção de biomassa com o aumento da população de plantas até 140.000 pl. ha⁻¹ (58,6 t ha⁻¹ de biomassa total), por causa, principalmente, da elevação da massa fresca de folhas e não propriamente do aumento da massa fresca de colmos. Já a cultivar BRS 505 não teve a produtividade elevada com incrementos na população de plantas acima de 100.000 pl. ha⁻¹ apenas com a redução do espaçamento entrelinhas, conforme retratado.

Assim, em busca de aumentar o conhecimento em relação ao arranjo de plantas para a máxima produtividade de colmos, este trabalho objetivou avaliar o efeito do espaçamento entrelinhas e da população de plantas sobre a produção de sorgo sacarino na região central de Minas Gerais.

Material e Métodos

Os experimentos foram instalados em Sete Lagoas, MG (região central do estado), situada entre a latitude 19° 23'S e longitude 44° 10'W, com altitude média de 726 m, durante duas safras consecutivas, com plantios em 9 de novembro de 2011 (caracterizada por safra 2011-12) e 18 de outubro de 2012

(caracterizada por safra 2012-13). As médias da temperatura máxima e mínima e a precipitação acumulada no período experimental, na safra 1, foram: 29,15 °C, 18,06 °C e 1.132,60 mm, respectivamente, e na safra 2 foram: 30,9 °C, 18,7 °C e 536,4 mm, respectivamente.

O clima da região é do tipo CWA -Tropical, com chuvas concentradas no verão e um período seco bem definido durante o inverno. O solo, na área experimental em Sete Lagoas, MG, é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa. A Tabela 1 apresenta a análise de solo feita da área experimental.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 4, sendo 5 espaçamento entrelinhas (4 espaçamentos simples: 0,5; 0,6; 0,7 e 0,8 m entrelinhas e um espaçamento duplo de 1x0,5 m) e 4 populações de plantas (80.000; 100.000; 120.000 e 140.000 plantas ha⁻¹), sendo utilizadas 3 repetições. A parcela experimental foi constituída por quatro linhas de quatro metros de comprimento, sendo as duas linhas centrais consideradas como parcela útil, tendo como bordadura 0,5 m, nas extremidades de cada linha central. A cultivar estudada foi a BRS 506, caracterizada por ciclo de 120 dias, desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo.

Tabela 1. Aspectos químicos dos solos da área experimental, na profundidade de 0-20 cm, Sete Lagoas/MG, 2013.

pH	H+Al	Al	Ca	Mg	SB	CTC	K	P	MO	V	m
cmolc dm ⁻³					mg dm ⁻³			dag dm ⁻³		%	
6,4	5,38	0,02	4,3	0,80	5,3	10,7	107	32,9	2,70	50,0	0,34

Para o preparo de solo foram realizadas, no primeiro ano de cultivo, uma aração e duas gradagens, antes da instalação dos experimentos em cada local de cultivo. A calagem foi feita para elevar a saturação de bases para 60%, antes da aração, permanecendo o solo em descanso por três meses após a incorporação do calcário. Foram aplicados 120 kg ha^{-1} de N, na forma de ureia, 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples, e 60 kg ha^{-1} de K_2O , na forma de cloreto de potássio, segundo a recomendação para sorgo forrageiro descrita por Alvarez et al. (1999), e segundo análise do solo apresentada na Tabela 1. A dose recomendada de cada nutriente aplicado por metro linear foi calculada para ser distribuída em cada linha de cultivo, conforme o espaçamento de entrelinhas estudado, considerando a mesma dose de nutrientes recomendada por hectare para todos os tratamentos estudados.

Para o controle de plantas daninhas, foi utilizado, em pré-emergência, o herbicida Atrazine na dosagem de $2,5 \text{ l ha}^{-1}$. A cultura foi irrigada semanalmente por aspersão convencional, com lâmina de 10 mm.

A demarcação dos espaçamentos foi feita utilizando um sulcador regulável para cada tratamento, acoplado ao sistema hidráulico de um trator. Após a abertura dos sulcos de 4 cm de profundidade, foi feita a semeadura manual do sorgo sacarino com o auxílio de uma régua previamente marcada indicando as distâncias entre as plantas na linha de cultivo para cada população de plantas estudada. Foram semeadas 3 a 4 sementes por demarcação da régua, e, 15 dias após a semeadura, foi feito o raleio das plantas em cada ponto de semeio, deixando apenas uma planta em cada ponto, de forma a estabelecer a distância ideal entre elas para cada população

estudada, segundo o espaçamento entrelinhas relacionado a cada tratamento.

As características avaliadas no dia da colheita foram: altura da planta (distância da superfície do solo até a ponta da panícula, expressa em metros); diâmetro do colmo (no terço médio das plantas, expresso em mm); número de folhas; massas frescas de folhas e de colmos por área cultivada (expressas em $t\ ha^{-1}$); massas frescas de colmos e de folhas por planta (expressas em $g\ planta^{-1}$); massas secas de colmos, folhas e panículas por planta (expressas em $g\ planta^{-1}$); massa de caldo (expressa em $t\ ha^{-1}$) e sólidos solúveis totais ($^{\circ}Brix$).

A colheita foi realizada aos 120 dias após a semeadura, quando os grãos estavam em estágio farináceo-duro. Para a extração do caldo da massa fresca do colmo foi retirada uma amostra composta por 10 plantas da área útil de cada parcela, após as mensurações das características supracitadas. As plantas foram moídas em uma ensiladeira estacionária e homogeneizadas em uma betoneira acoplada ao equipamento de moagem, sendo uma massa, equivalente a 500 g de cada material triturado e homogeneizado, prensada em uma prensa hidráulica HIDRASEME, modelo PHS 250, por 60 segundos com pressão de trabalho de 145 bar pressão sobre a amostra de $250\ Kg\ cm^{-2}$, resultando em força de prensagem de 45 t. Após prensagem, o caldo foi pesado, sendo o seu Brix mensurado com refratômetro.

Os dados obtidos das características avaliadas foram submetidos à análise de variância e, em caso de significância, os valores foram submetidos ao teste Tukey a 1% de probabilidade. Foi feita análise conjunta dos experimentos

conduzidos nos dois anos de estudo pelo programa estatístico SAS (*Statistical Analysis System*).

Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta o resumo da análise de variância das características avaliadas. Não houve interação tripla estatisticamente significativa ($p < 0,05\%$) entre os fatores estudados para nenhuma das características, assim como não houve interação dupla entre os fatores espaçamento entrelinhas e população de plantas. Houve interação dupla significativa ($p < 0,01\%$) ou significativa ($p < 0,05\%$) entre as safras de estudo (2011-12 e 2012-13) e o fator população de plantas para massa seca de colmo por planta, massa fresca de folhas por hectare e massa de caldo por hectare; e entre safra e espaçamento entrelinhas para massa fresca de colmos por hectare e massa de caldo por hectare. Houve efeito isolado dos fatores estudados para todas as características, exceção feita a algumas delas, apresentadas na Tabela 2.

Os coeficientes de variação, apresentados na Tabela 2, para todas as características avaliadas, foram baixos, denotando uma adequada qualidade dos dados obtidos.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as características: altura da planta (ALT, em m), diâmetro de colmo (DIAM, em mm), número de folhas (NF), massa fresca de colmos por hectare (MFCHA, em t ha⁻¹), massa seca de colmos por planta (MSCPL, em g planta⁻¹), massa fresca de folhas por planta (MFFPL, em g planta⁻¹), massa fresca de folhas por hectare (MFFHA, em t ha⁻¹), massa seca de folhas por planta (MSFPL, em g planta⁻¹), massa seca de panícula por planta (MSPANPL, em g planta⁻¹), massa de caldo por hectare (MCHA, em t ha⁻¹) e Brix (em graus), avaliadas em sorgo sacarino em Sete Lagoas/MG, 2013.

Fontes de variação		G	ALT (m)	DIAM (mm)	NF	MFCHA (t ha ⁻¹)	MSCPL (g planta ⁻¹)	MFFPL (g planta ⁻¹)	MFFHA (t ha ⁻¹)	MSFPL (g planta ⁻¹)	MSPANPL (g planta ⁻¹)	MCHA (t ha ⁻¹)	BRX (°)									
SAFRA (S)		1	0,99	**	263,78	**	5687,83	**	3357,47	**	21727,77	**	289,16	**	2036,83	**	344,75	**	4188,54	**	241,68	**
BLOCO (SAFRA)		4	0,09	**	6,96	*	189,87	**	1776,62	**	225,02	NS	2,07	NS	200,14	**	104,65	**	259,48	**	27,70	**
ESPAÇAMENTO (E)		4	0,01	NS	3,03	NS	1932,07	**	1214,95	**	5158,98	**	57,41	**	168,81	**	13,71	NS	784,08	**	0,87	NS
POPULAÇÃO (P)		3	0,01	NS	7,46	*	139,33	*	4210,44	**	13676,04	**	3,53	NS	569,33	**	15,31	NS	95,74	**	0,33	NS
S*E		4	0,01	NS	3,33	NS	185,03	**	258,16	NS	386,08	NS	4,11	NS	47,79	NS	22,42	NS	67,78	*	0,52	NS
S*P		3	0,01	NS	1,38	NS	124,04	NS	533,15	**	614,67	NS	18,89	**	49,27	NS	12,20	NS	72,15	*	0,14	NS
E*P		12	0,01	NS	0,70	NS	63,81	NS	59,66	NS	263,82	NS	2,07	NS	17,47	NS	13,31	NS	21,63	NS	0,35	NS
S*E*P		12	0,00	NS	2,34	NS	52,90	NS	85,80	NS	295,53	NS	3,17	NS	14,00	NS	11,36	NS	21,14	NS	0,38	NS
Erro		76	0,01		2,46		47,18		111,02		241,13		2,75		29,80		10,68		24,75		0,52	
CV (%)			3,36		8,36		10,68		14,48		15,96		16,12		21,92		27,36		11,45		4,72	
Médias			3,03		18,74		64,34		72,78		97,31		10,29		24,90		11,94		43,46		15,25	

NS= não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

As estimativas para as características avaliadas foram diferentes entre as safras, conforme pode-se observar na Tabela 3, em função do ambiente produtivo de cada ano, principalmente em relação à precipitação, que foi cerca de 111% superior no primeiro ano de estudo (1.132,60 mm) comparativamente à média observada no segundo ano (536,4 mm). Até então, estudos realizados demonstravam menor produtividade de sorgo sacarino em condição de déficit hídrico (TEETOR et al., 2011; GODSEY et al., 2012), porém, os resultados encontrados demonstram que o excesso de chuva, também, pode afetar negativamente a produtividade da cultura. A maior precipitação na safra 2011-12 proporcionou menor insolação durante o desenvolvimento das plantas, com média de 6 h diárias, refletindo no metabolismo menos intenso das plantas de sorgo sacarino, quando comparado ao segundo ano de cultivo (safra 2012-13), que apresentou insolação média de 6,4 h de luz diárias. A temperatura máxima média foi semelhante entre os anos (30,9 e 29,15 °C para a safra 2011-12 e 2012-13, respectivamente) e a temperatura mínima foi igual entre os anos (18 °C).

Dessa forma, por causa das características mais favoráveis para o desenvolvimento da cultura na safra 2012-2013, as médias obtidas para as características avaliadas foram superiores às do ano anterior, com exceção do Brix, que foi 2,84° mais baixo no segundo ano de estudo, comparativamente à primeira safra (16,67°). O menor teor de sólidos solúveis totais (°Brix) observado, na safra 2012-13, pode ser explicado em razão da maior infestação tardia de doenças fúngicas na segunda safra, principalmente antracnose e helmintosporiose (*Helminthosporium turcicum*), que ocasionaram redução na capacidade fotossintética das plantas, prejudicando o acúmulo de açúcares pela cultura.

Tabela 3. Valores médios obtidos nas safras 2011-12 e 2012-13 para altura da planta (ALT, em m), diâmetro de colmo (DIAM, em mm), número de folhas (NF), massa fresca de colmos por hectare (MFCHA, em t ha⁻¹), massa seca de colmos por planta (MSCPL, em g planta⁻¹), massa fresca de folhas por planta (MFFPL, em g planta⁻¹), massa fresca de folhas por hectare (MFFHA, em t ha⁻¹), massa seca de folhas por planta (MSFPL, em g planta⁻¹), massa seca de panícula por planta (MSPANPL, em g planta⁻¹), massa de caldo por hectare (MCHA, em t ha⁻¹) e Brix (em graus), avaliadas em sorgo sacarino em Sete Lagoas/MG, 2013.

Safr	ALT (m)	DIAM (mm)	NF	MFCHA (t ha ⁻¹)	MSCPL (g planta ⁻¹)	MFFPL (g planta ⁻¹)	MFFHA (t ha ⁻¹)	MSFPL (g planta ⁻¹)	MSPANPL (g planta ⁻¹)	MCHA (t ha ⁻¹)	BRIX (°)											
2011-12	2,94	B	12,99	B	67,49	B	83,85	B	8,74	B	29,02	A	37,55	B	16,67	A						
2012-13	3,12	A	20,22	A	14,39	A	71,22	A	78,07	A	110,76	A	11,85	A	20,78	B	10,25	B	49,37	A	13,83	B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

A produtividade de colmos na safra 2012-13 foi de 71,22 t de colmos ha^{-1} , cerca de 24% superior à safra anterior (57,45 t ha^{-1}). A maior produtividade no segundo ano de estudo pode ser explicada pelo maior crescimento das plantas, caracterizada pela maior da altura de planta (3,12 m), diâmetro de colmos (20,22 mm), número de folhas (14,39 folhas), massa seca de colmos por planta (78,07 g planta^{-1}), massa fresca de folhas por planta (110,76 g planta^{-1}), comparativamente à primeira safra, cujos valores das características relatadas foram sempre inferiores.

O menor espaçamento entrelinhas aumentou os valores médios obtidos de todas as características vegetativas apresentadas na Tabela 4. Godsey et al. (2012) avaliaram o comportamento de duas cultivares de sorgo sacarino em quatro localidades nos Estados Unidos, em três espaçamentos diferentes (20, 38 e 76 cm), durante duas safras, e observaram que os maiores rendimentos, de uma maneira geral, foram obtidos nos menores espaçamentos, independentemente da localidade ou da cultivar utilizada, desde que haja condições adequadas de umidade no solo para o desenvolvimento da cultura. Diversos autores vêm observando comportamento semelhante, ou seja, de maiores produtividades em menores espaçamentos (SNIDER et al., 2012; ALBUQUERQUE et al., 2012; MAY et al., 2012). Os resultados encontrados no presente ensaio demonstram que o cultivo de sorgo sacarino no espaçamento reduzido promove plantas mais vigorosas, resultando em maior massa seca de colmos por planta (84,55 g planta^{-1}), aumento na massa fresca de folhas (121,84 g planta^{-1}), na massa seca de folhas por planta (29,43 g planta^{-1}) e, conseqüentemente, maior massa fresca de folhas por hectare (12,88 t ha^{-1}), em comparação aos demais espaçamentos estudados. O melhor desempenho

da cultura em espaçamento reduzido pode ser atribuído à melhor distribuição das plantas na linha de cultivo, com maior distância entre elas no espaçamento 0,5 m, refletindo em maior produtividade ($77,21 \text{ t ha}^{-1}$) e maior massa de caldo ($51,37 \text{ t ha}^{-1}$), por sua vez, 36% superior ao menor valor ($37,73 \text{ t ha}^{-1}$ de caldo), obtido quando as plantas foram cultivadas no espaçamento de linhas duplas $1 \times 0,5 \text{ m}$, possivelmente em razão da melhor interceptação da radiação solar pelas plantas conduzidas em espaçamentos reduzidos. A linha dupla $1 \times 0,5 \text{ m}$ resultou nos menores valores de produtividade de colmos, $55,43 \text{ t ha}^{-1}$, por causa da inadequada distribuição das plantas na linha de cultivo, ocasionando pior aproveitamento pelas plantas dos fatores de produção disponíveis, em relação aos demais espaçamentos estudados. A simples redução de 10 cm no espaçamento entrelinhas, passando de 0,6 para 0,5 m, foi suficiente para elevar em $8,16 \text{ t ha}^{-1}$ a massa fresca de colmos por hectare, comparando os dois espaçamentos, demonstrando que o maior número de linhas por hectare tem grande reflexo na capacidade produtiva do sorgo sacarino, em decorrência da melhor distribuição das plantas na mesma área de cultivo.

A população de plantas não influenciou a produtividade e o diâmetro de colmos, conforme se pode observar na Tabela 5. Observou-se apenas elevação da massa seca e fresca das plantas (colmos e folhas) conduzidas sob a menor população de plantas ($80.000 \text{ plantas ha}^{-1}$), em decorrência da menor competição entre as plantas na linha de cultivo, porém, sem reflexos positivos na produtividade. A massa de caldo por hectare foi menor com $80.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ ($41,20 \text{ t ha}^{-1}$), mas, acima desse nível, as médias foram semelhantes entre si, contudo, a média obtida com $100.000 \text{ pl. ha}^{-1}$ ($43,60 \text{ t ha}^{-1}$ de caldo) foi semelhante àquela observada no menor

nível imediato. Assim, o cultivo do sorgo sacarino BRS 506 sob 80.000 a 100.000 plantas por hectare pode ser o mais adequado, por causa do menor gasto de sementes por hectare, comparativamente às maiores populações de plantas, com a mesma produtividade de colmos e de caldo por hectare. Comportamento semelhante foi encontrado por Snider et al. (2012). Os autores observaram que o aumento da densidade de semeadura de 116 a 291 mil sementes ha^{-1} não ocasionou aumento de produtividade na cultura, porém, taxas de semeadura variando de 218 a 393 mil sementes ha^{-1} ocasionaram redução na produtividade em virtude do maior acamamento e do aumento da competição intraespecífica, ocasionando a formação de colmos mais finos. Por outro lado, Albuquerque et al. (2012) observaram aumento linear na produtividade da cultura, variando a população de 100 a 220 mil plantas ha^{-1} . A diversidade de resultados encontrados pode ser explicada, pois a recomendação da densidade de semeadura varia em função da cultivar, da época de plantio, do nível de fertilidade do solo, da disponibilidade hídrica de cada região dentre outros fatores.

Tabela 4. Valores médios obtidos para massa fresca de colmos por hectare (MFCHA, em t ha⁻¹), massa seca de colmos por planta (MSCPL, em g planta⁻¹), massa fresca de folhas por planta (MFFPL, em g planta⁻¹), massa fresca de folhas por hectare (MFFHA, em t ha⁻¹), massa seca de folhas por planta (MSFPL, em g planta⁻¹), massa de caldo por hectare (MCHA, em t ha⁻¹), em função do espaçamento entrelinhas, avaliados em sorgo sacarino em Sete Lagoas/MG, 2013.

Espaçamento	MFCHA (t ha ⁻¹)	MSCPL (g planta ⁻¹)	MFFPL (g planta ⁻¹)	MFFHA (t ha ⁻¹)	MSFPL (g planta ⁻¹)	MCHA (t ha ⁻¹)
0,5	77,21 A	84,55 A	121,84 A	12,88 A	29,43 A	51,37 A
0,6	69,05 B	74,46 AB	99,58 B	10,56 B	24,94 AB	47,07 A
0,7	62,94 BC	69,01 B	91,04 B	9,61 B	23,27 B	42,22 B
Linha dupla 1 x 0,5 m	55,43 D	68,22 B	88,22 B	9,30 B	24,01 B	37,73 B
0,8	57,07 CD	67,68 B	85,86 B	9,13 B	22,87 B	38,92 B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

Tabela 5. Valores médios obtidos para diâmetro de colmo (DIAM, em mm), massa fresca de colmos por hectare (MFCHA, em t ha⁻¹), massa seca de colmos por planta (MSCPL, em g planta⁻¹), massa fresca de folhas por planta (MFFPL, em g planta⁻¹), massa seca de folhas por planta (MSFPL, em g planta⁻¹), massa de caldo por hectare (MCHA, em t ha⁻¹), em função da população de plantas, avaliados em sorgo sacarino em Sete Lagoas/MG, 2013.

População	DIAM (mm)	MFCHA (t ha ⁻¹)	MSCPL (g planta ⁻¹)	MFFPL (g planta ⁻¹)	MSFPL (g planta ⁻¹)	MCHA (t ha ⁻¹)
80.000	19,45 A	61,40 A	87,53 A	124,60 A	30,49 A	41,12 B
100.000	18,61 A	64,76 A	76,01 B	101,13 B	25,83 B	43,60 AB
120.000	18,60 A	64,62 A	67,77 BC	89,62 C	23,00 BC	43,66 AB
140.000	18,29 A	66,58 A	59,82 C	73,88 D	20,29 C	45,47 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

A maior massa fresca e seca de folhas por planta apresentada, na menor população, na Tabela 5 ($124,60 \text{ g planta}^{-1}$ de massa fresca e $30,49 \text{ g planta}^{-1}$ de massa seca), foi 78% e 50% superior, respectivamente, para as massas obtidas quando as plantas foram cultivadas com população de $140.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ ($73,88$ e $20,29 \text{ g planta}^{-1}$ de massa fresca e seca, respectivamente), demonstrando que a menor competição entre as plantas na linha de cultivo é benéfica para o crescimento vegetativo da cultivar de sorgo sacarino BRS 506. O maior número de folhas pressupõe aumento da capacidade fotossintética das plantas, que pode ter contribuído para o aumento na massa fresca e seca de folhas por planta, ocasionando reflexos positivos na produção de massa seca de colmos, que apresentou valores maiores para menores populações de plantas ($87,53 \text{ g planta}^{-1}$), 46% superior ao menor acúmulo de massa seca por colmo, observada quando as plantas foram conduzidas sob $140.000 \text{ plantas ha}^{-1}$.

A Tabela 6 apresenta os valores médios obtidos para as características estudadas em cada safra avaliada, conforme o espaçamento de entrelinhas e a população de plantas. Observou-se a maior produção de colmos por hectare ($81,90 \text{ t ha}^{-1}$) na safra 12-13, quando as plantas foram conduzidas no espaçamento reduzido ($0,5 \text{ m}$ entrelinhas), sendo que para qualquer dos anos de estudo o espaçamento de $0,5 \text{ m}$ entrelinhas resultou nas maiores médias de massa fresca de colmos por hectare, prevalecendo o mesmo raciocínio para a massa de caldo por hectare. Em relação à influência da população de plantas nas duas safras estudadas, as maiores massas secas de colmos por planta foram obtidas com a menor densidade de semeio. Contudo, não houve incremento da massa de caldo por hectare quando se trabalhou com a maior

população de plantas, apenas houve influência do ano de cultivo, sendo sempre maior na safra 12-13, comparativamente à primeira safra estudada. O maior valor de massa de caldo foi de 53,61 t ha⁻¹, com a população de 140.000 plantas ha⁻¹, porém, o resultado foi estatisticamente semelhante ao encontrado para 100.000 plantas ha⁻¹, corroborando com a informação que a população de plantas ideal para a cultivar BRS 506 deve estar próxima a esse último nível estudado, já que no primeiro ano de estudo a população de plantas não interferiu na expressão dessa característica, sendo semelhantes entre si mesmo em relação ao menor nível estudado (80.000 plantas ha⁻¹). A menor produtividade de colmos (46,16 t ha⁻¹) foi verificada para as plantas conduzidas em linhas duplas de 1 x 0,5 m entrelinhas na safra 2011-12, resultando, conseqüentemente, na menor massa de caldo (30,61 t ha⁻¹).

Tabela 6. Massa fresca de colmos por hectare (MFCHA, em t ha⁻¹) e massa de caldo por hectare (MCHA, em t ha⁻¹) em função do espaçamento entrelinhas para as safras estudadas; e massa seca de colmos por planta (MSCPL, em g planta⁻¹), massa fresca de folhas por hectare (MFFHA, em t ha⁻¹) e massa de caldo por hectare (MCHA, em t ha⁻¹) em função da população de plantas para as safras estudadas, avaliadas em sorgo sacarino em Sete Lagoas/MG, 2013.

MFCHA (t ha ⁻¹)										
Safra	0,5 m		0,6 m		0,7 m		Linha dupla 1 x 0,5 m		0,8 m	
2011-12	72,52	Ba	58,56	Bb	58,23	Bb	46,16	Bc	51,81	Bbc
2012-13	81,90	Aa	79,54	Aa	67,65	Ab	64,69	Ab	62,33	Ab
MCHA (t ha ⁻¹)										
Safra	0,5 m		0,6 m		0,7 m		Linha dupla 1 x 0,5 m		0,8 m	
2011-12	46,52	Ba	38,85	Bb	37,97	Bb	30,61	Bc	33,81	Bbc
2012-13	56,23	Aa	55,28	Aa	46,46	Ab	44,85	Ab	44,03	Ab
MSCPL (g planta ⁻¹)										
Safra	80.000		100.000		120.000		140.000			
2011-12	76,52	Ba	70,62	Ba	66,72	Aab	56,12	Ab		
2012-13	98,55	Aa	81,40	Ab	68,81	Ac	63,53	Ac		
MFFHA (t ha ⁻¹)										
Safra	80.000		100.000		120.000		140.000			
2011-12	9,23	Aa	9,11	Ba	8,54	Ba	8,09	Ba		
2012-13	10,71	Ab	11,11	Aab	12,97	Aa	12,59	Aab		
MCHA (t ha ⁻¹)										
Safra	80.000		100.000		120.000		140.000			
2011-12	36,23	Ba	38,76	Ba	37,90	Ba	37,32	Ba		
2012-13	46,00	Ab	48,44	Aab	49,43	Aab	53,61	Aa		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

Conclusão

A produtividade de colmos da cultivar de sorgo sacarino BRS 506 foi influenciada pelo ano de cultivo, por causa das condições climáticas predominantes em cada safra, sendo maximizada quando a cultura é conduzida sob espaçamentos entrelinhas reduzidos, sem interferência importante da população de plantas escolhida. Estudos com outras cultivares devem ser realizados para se formular uma recomendação mais específica, para que possa ser adotada pelos produtores.

Referências

ALBUQUERQUE, C. J. B.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, R. A. C.; GUIMARÃES, A. de S.; OLIVEIRA, R. M. de; SILVA, K. M. de J. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 1, p. 69-85, 2012.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. L. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5.^a aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento.

Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2012/2013: terceiro levantamento: dezembro/2012. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/>

arquivos/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2012.pdf >. Acesso em: 05 mar. 2013.

Godsey, C. B.; LINNEMAN, J.; BELLMER, D.; HUHNKE, R. Developing row spacing and planting density recommendations for rainfed sweet sorghum production in the Southern Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, 2, p. 280-286, 2012. Doi: 10.2134/agronj2011.0289.

Lueschen, W. E.; PUTNAM, D. H.; KANNE, B. K.; HOVERSTAD, T. R. Agronomic practices for production of ethanol from sweet sorghum. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 4, n. 4, p. 619-625, 1991.

MAY, A.; CAMPANHA, M. M.; SILVA, A. F. da; COELHO, M. A. de O.; PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E.; PEREIRA FILHO, I. A. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 278-290, 2012.

SNIDER, J. L.; RAPER, R. L.; SCHWAB, E. B. The effect of row spacing and seeding rate on biomass production and plant stand characteristics of non-irrigated photoperiod-sensitive sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Industrial Crops and Products**, v. 37, p. 527-535, 2012. Doi: 10.1016/j.indcrop.2011.07032.

TEETOR, V. H.; DUCLOS, D. V.; WITTENBERG, E. T.; YOUNG, K. M.; CHAWHUAYMAK, J.; RILEY, M. R.; RAY, D. T. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. **Industrial Crops and Products**, v. 34, p. 1293-1300, 2011. Doi: 10.1016/j.indcrop.2010.09.010.

